

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 06334428 A

(43) Date of publication of application: 02.12.94

(51) Int. Cl. H01Q 3/36
// H01Q 3/38

(21) Application number: 05118680

(22) Date of filing: 20.05.93

(71) Applicant: SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(72) Inventor:
HIGUCHI HARUICHI
YAMADA MASAYA
SHIBANO YOSHIZO

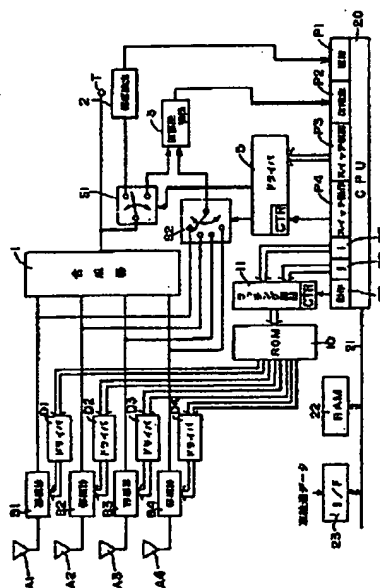
(54) ANTENNA SYSTEM

(57) Abstract

PURPOSE: To obtain the antenna system by which an arrived radio wave is quickly acquired with simple configuration.

CONSTITUTION: Output signals from antenna elements A1, A2, A3, A4 are received by a combiner 1 via phase shifters B1, B2, B3, B4 and combined therein. A main beam direction in the combined radiation directivity is controlled by controlling a phase shift in the phase shifters B1, B2, B3, B4. The main beam direction is quantized at a predetermined quantization interval. Then a mode number corresponding to the quantized main beam direction is generated by a CPU 20. The mode scanning is roughly implemented in the initial acquisition and the initial grasp mode with a large combined reception level is obtained. A peripheral mode of the initial grasp mode is scanned in detail thereafter and the initial grasp mode is obtained, in which the combined reception level is maximized.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO



BEST AVAILABLE COPY

特開平6-334428

(43)公開日 平成6年(1994)12月2日

(51) Int.Cl.⁵

識別記号

片内整理番号

FI

技術表示箇所

H01Q 3/36

2109-5 J

// H01Q 3/38

2109-5 J

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 23 頁)

(21)出願番号

特願平5-118680

(22)出願日

平成5年(1993)5月20日

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 樋口 晴一

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電
気工業株式会社大阪製作所内

(72)発明者 山田 雅也

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電
気工業株式会社大阪製作所内

(72) 發明者 芝野 儀三

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電
気工業株式会社大阪製作所内

(74)代理人 弁理士 亀井 弘勝 (外1名)

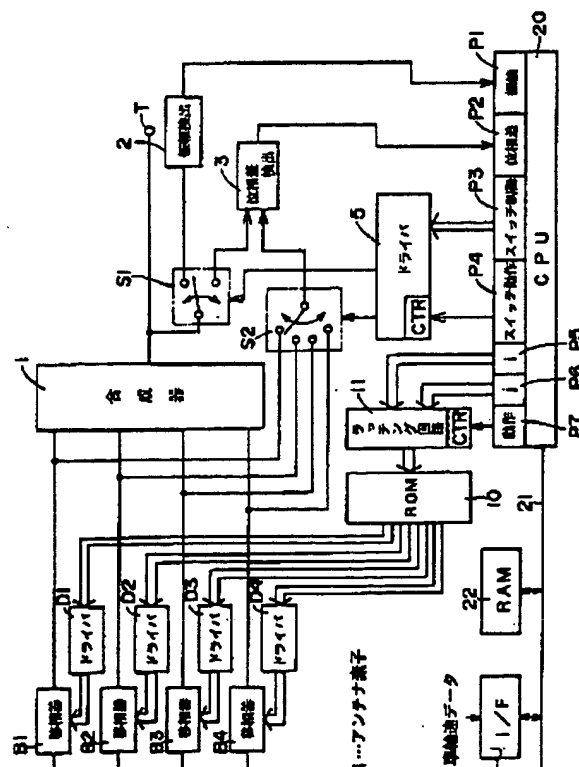
(54)【発明の名称】 アンテナ装置

(57) 【要約】

【目的】簡単な構成で到来電波を速やかに捕捉することができるアンテナ装置を提供する。

【構成】アンテナ素子A1、A2、A3、A4の出力信号は、移相器B1、B2、B3、B4を介して合成器1に入力されて合成される。移相器B1、B2、B3、B4における移相量を制御することで、合成放射指向性の主ビーム方向が制御される。主ビーム方向は所定の量子化間隔で量子化される。そして、量子化された主ビーム方向に対応したモード番号が、CPU20から生成される。初期捕捉動作時には、まず、モードの走査が荒く行われ、合成受信レベルが大きい初期把握モードが求められる。その後、初期把握モードの周辺のモードが詳細に走査され、合成受信レベルが最大となる初期捕捉モードが求められる。

BEST AVAILABLE COPY



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のアンテナ素子と、

各アンテナ素子にそれぞれ接続され、移相量を可変制御することができる複数の移相手段と、

上記複数のアンテナ素子の上記複数の移相手段でそれぞれ移相された各出力を合成する合成手段と、

この合成手段の出力レベルを検出するレベル検出手段と、

所定の量子化間隔で量子化された上記複数のアンテナ素子の合成放射指向性の主ビーム方向のいずれかに対応したモード情報を生成するモード情報生成手段と、

このモード情報生成手段が生成したモード情報に基づいて上記複数の移相手段の各移相量を制御し、上記複数のアンテナ素子の合成放射指向性の主ビーム方向を制御するビーム方向制御手段と、

上記モード情報生成手段が生成することができる全モード情報のなかから所定の規則に従って選択された全モード情報数よりも少ない所定数の初期把握用モード情報のうちで、所定の電波を上記複数のアンテナ素子に受信させたときに上記レベル検出手段が検出する上記合成手段の出力レベルが最大となる初期把握用モード情報を求める初期把握手段と、

この初期把握手段によって求められた初期把握用モード情報に対応する上記主ビーム方向の近傍の所定の第1範囲内に主ビーム方向が存在するモード情報のなかから、上記所定の電波を上記複数のアンテナ素子に受信させたときに上記レベル検出手段が検出する上記合成手段の出力レベルが最大となるモード情報を初期捕捉モード情報として求める初期捕捉手段とを含むことを特徴とするアンテナ装置。

【請求項2】 上記初期捕捉手段によって上記初期捕捉モード情報が求められた後に、この初期捕捉モード情報に対応した主ビーム方向の近傍の所定の第2範囲内に主ビーム方向が存在するモード情報のなかから、上記所定の電波を上記複数のアンテナ素子に受信させたときに上記レベル検出手段が検出する上記合成手段の出力レベルが最大となるモード情報を検出する手段と、

検出されたモード情報と上記初期捕捉モード情報とが一致するかどうかを判定する手段と、

上記検出されたモード情報と上記初期捕捉モード情報とが一致する場合に、上記初期捕捉モード情報を確定させる手段と、

上記検出されたモード情報と上記初期捕捉モード情報とが一致しない場合に、上記初期把握手段および上記初期捕捉手段を再び動作させる手段とをさらに含むことを特徴とする請求項1記載のアンテナ装置。

【請求項3】 上記モード情報生成手段から複数種類のモード情報を生成させたときの上記レベル検出手段の検出

した主ビーム方向が上記所定の電波の到来方向に向いているかどうかを判定する手段と、

上記初期捕捉モード情報に対応した主ビーム方向が上記所定の電波の到来方向に向いていると判定されたときに、上記初期捕捉モード情報を確定させる手段と、

上記初期捕捉モード情報に対応した主ビーム方向が上記所定の電波の到来方向に向いていないと判定されたときに、上記初期把握手段および上記初期捕捉手段を再び動作させる手段とをさらに含むことを特徴とする請求項1または2記載のアンテナ装置。

【請求項4】 上記合成手段に入力される前の上記移相手段を介した各アンテナ素子の出力信号と上記合成手段で合成された信号との位相差を検出する位相差検出手段と、

この位相差検出手段が各アンテナ素子毎に検出した位相差に基づいて、上記モード情報生成手段が生成しているモード情報が適切か不適切かを判定する手段と、

上記モード情報生成手段が生成しているモード情報が不適切であると判定されたときに、この不適切なモード情報に対応した主ビーム方向よりも電波が到来する方向に近い方向に主ビーム方向を設定することができる他のモード情報を上記モード情報生成手段に生成させるモード情報更新手段とをさらに含むことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載のアンテナ装置。

【請求項5】 上記モード更新手段は、上記合成手段の出力レベルが所定の受信レベル判定閾値未満のときに、上記モード情報生成手段が生成しているモード情報に対応した主ビーム方向の近傍の所定の第3範囲内に主ビーム方向が存在するモード情報のなかから、上記合成手段の出力レベルが最大となるモード情報を求め、このモード情報を上記モード情報生成手段に生成させる手段を含むものであることを特徴とする請求項4記載のアンテナ装置。

【請求項6】 上記アンテナ装置は、移動体に搭載されるものであり、

上記モード更新手段は、上記移動体の姿勢変動に基づいて、上記モード情報生成手段に生成させるべきモード情報を更新する手段を含むものであることを特徴とする請求項4または5記載のアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、自動車などの移動体に搭載されて用いられ通信衛星や地上に固定設置された通信中継局などのような電波発生源からの電波を捕捉することができるアンテナ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 地上に固定設置された通信中継局と自動車などの移動体との間で通信を行う移動体通信において

通信用アンテナには、無指向性に近い広い放射指向性を有するものが適用され、電波の到来方向によらずに通信中継局からの電波を受信できるようにするのが通常である。

【０００３】ところが、広い指向性のアンテナを用いると、どの方向からの電波も受信され、また、どの方向に対しても電波が放射される。そのため、マルチパス等によるフェーディングが発生し、通信品質が劣化が避けられない。通信中継局ではなく通信衛星を利用した移動体通信の場合、たとえば、放送衛星からの電波を自動車において受信する場合においても、事情は同じである。

【０００４】したがって、移動体のアンテナには指向性を持たせるとともに、通信中継局や通信衛星を追尾する機能を持たせることが好ましい。すなわち、移動体の移動に伴って移動体に対する通信中継局または通信衛星の方向が変化しても、放射指向性の主ビーム方向が通信中継局または通信衛星の方向を向くようにすることで、安定した送受信を継続することができ、通信品質を向上することができると思われる。

【０００５】また、固定通信の場合であっても、長期的に見れば、送受信アンテナ間の電波の伝搬経路は環境によって左右される。したがって、移動体通信に限らず、固定通信であっても、受信アンテナの放射指向性の主ビーム方向を送信アンテナからの電波の到来方向に自動的に向くようにすることが好ましい。また、アンテナビームの方向を電波の到来方向に自動的に向けることができれば、アンテナの初期設定時において精密な方向調整を行う必要がなくなるから、アンテナの初期設定作業を軽減できる。

【０００６】このように、通信用アンテナの指向性の主ビームの方向を自動的に電波到来方向に合致させることができれば、種々の効果を生むことが期待される。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このようないわば自動追尾機能を備えることは、アンテナ装置の構成を複雑化するとともに、コストの増大に繋がるという問題を生じさせる。そこで、本発明の目的は、上述の技術的課題を解決し、簡単な構成でアンテナの指向性の主ビーム方向を電波到来方向に自動的に向けることができるアンテナ装置を提供することである。

【０００８】また、本発明の他の目的は、アンテナの指向性の主ビーム方向を速やかに電波到来方向に向けることができるアンテナ装置を提供することである。

【０００９】

【課題を解決するための手段および作用】上記の目的を達成するための請求項１記載のアンテナ装置は、複数のアンテナ素子と、各アンテナ素子にそれぞれ接続され、移相量を可変制御することができる複数の移相手段と、

段の出力レベルを検出するレベル検出手段と、所定の量子化間隔で量子化された上記複数のアンテナ素子の合成放射指向性の主ビーム方向のいずれかに対応したモード情報を生成するモード情報生成手段と、このモード情報生成手段が生成したモード情報に基づいて上記複数の移相手段の各移相量を制御し、上記複数のアンテナ素子の合成放射指向性の主ビーム方向を制御するビーム方向制御手段と、上記モード情報生成手段が生成することができる全モード情報のなかから所定の規則に従って選択された全モード情報数よりも少ない所定数の初期把握用モード情報のうちで、所定の電波を上記複数のアンテナ素子に受信させたときに上記レベル検出手段が検出する上記合成手段の出力レベルが最大となる初期把握用モード情報を求める初期把握手段と、この初期把握手段によって求められた初期把握用モード情報に対応する上記主ビーム方向の近傍の所定の第１範囲内に主ビーム方向が存在するモード情報のなかから、上記所定の電波を上記複数のアンテナ素子に受信させたときに上記レベル検出手段が検出する上記合成手段の出力レベルが最大となるモード情報を初期捕捉モード情報として求める初期捕捉手段とを含むことを特徴とする。

【００１０】上記の構成によれば、複数のアンテナ素子の出力を合成手段で合成したときの合成放射指向性の主ビーム方向は、各アンテナ素子にそれぞれ接続された複数の移相手段の各移相量を制御することによって、変化させることができる。本発明では、上記の主ビーム方向は、所定の量子化間隔で量子化されており、そのいずれかに対応したモード情報がモード情報生成手段から生成される。

【００１１】モード情報生成手段が生成したモード情報は、ビーム方向制御手段に与えられる。ビーム方向制御手段は、与えられたモード情報に対応する移相量を各移相手段に設定し、これによって、モード情報に対応した方向に上記主ビーム方向を制御する。合成手段の出力レベルはレベル検出手段で検出されており、このレベル検出手段の出力に基づいて電波の初期捕捉が行われる。すなわち、レベル検出手段が検出する合成手段の出力レベル（すなわち、受信レベル）が最大となるように、上記モード情報が決定される。この決定されたモード情報を上記モード情報生成手段が生成することによって、初期捕捉が達成される。すなわち、合成放射指向性の主ビーム方向が自動的に電波到来方向を向く。

【００１２】上記の初期捕捉は、本発明では、初期把握手段と初期捕捉手段とによって２段階に行われる。すなわち、初期把握手段による第１段階の初期捕捉では、全モード情報のなかから所定の規則に従って選択された初期把握用モード情報のうちで、受信レベルが最大となるモード情報が求められる。つまり、全モード情報を走査

られるものが求められる。したがって、この初期把握手段による第1段階の初期捕捉は速やかに行える。

【0013】初期捕捉手段によって行われる第2段階の初期捕捉では、初期把握手段によって求められた初期把握モード情報に対応した主ビーム方向の近傍の所定の第1範囲内に主ビーム方向を有するモード情報のなかから、最大受信レベルのモード情報が求められる。すなわち、上記第1範囲内の全てのモード情報が走査され、最大受信レベルのモード情報が初期捕捉モード情報とされる。この初期捕捉モード情報は、全モード情報のうちで受信レベルが最大のモード情報である。

【0014】このようにして、本発明では、第1段階ではモード情報を荒く走査して初期捕捉モード情報の存在範囲を絞り込み、第2段階では絞り込まれた範囲内において詳細にモード情報を走査して初期捕捉モード情報を求めるようにしている。そのため、全モード情報を詳細に走査する場合に比較して、極めて短時間で初期捕捉を達成できる。

【0015】請求項2記載のアンテナ装置は、上記初期捕捉手段によって上記初期捕捉モード情報が求められた後に、この初期捕捉モード情報に対応した主ビーム方向の近傍の所定の第2範囲内に主ビーム方向が存在するモード情報のなかから、上記所定の電波を上記複数のアンテナ素子に受信させたときに上記レベル検出手段が検出する上記合成手段の出力レベルが最大となるモード情報を検出する手段と、検出されたモード情報と上記初期捕捉モード情報とが一致するかどうかを判定する手段と、上記検出されたモード情報と上記初期捕捉モード情報とが一致する場合に、上記初期捕捉モード情報を確定させる手段と、上記検出されたモード情報と上記初期捕捉モード情報とが一致しない場合に、上記初期把握手段および上記初期捕捉手段を再び動作させる手段とをさらに含むことを特徴とする。

【0016】この構成では、初期捕捉モードの再確認が行われる。すなわち、初期捕捉モード情報に対応した主ビーム方向の近傍の所定の第2範囲内に主ビーム方向を有するモード情報が走査され、これらのモード情報のなかで受信レベルが最大となるものが検出される。この検出されたモード情報が初期捕捉モード情報と一致した場合には、初期捕捉モードが正しいものとして確定させられる。もしも、一致しなければ、初期捕捉動作が再度行われる。

【0017】なお、上記の第2範囲は上述の第1範囲よりも狭く設定されることが好ましい。このようにすれば、初期捕捉モードの再確認を短時間でできるから、とりわけ、当該アンテナ装置が移動体に搭載されて用いられる場合に好適である。請求項3記載のアンテナ装置は、上記モード情報生成手段から複数種類のモード情報

を照合して、上記初期捕捉モード情報に対応した主ビーム方向が上記所定の電波の到来方向に向いているかどうかを判定する手段と、上記初期捕捉モード情報に対応した主ビーム方向が上記所定の電波の到来方向に向いていると判定されたときに、上記初期捕捉モード情報を確定させる手段と、上記初期捕捉モード情報に対応した主ビーム方向が上記所定の電波の到来方向に向いていないと判定されたときに、上記初期把握手段および上記初期捕捉手段を再び動作させる手段とをさらに含むことを特徴とする。

【0018】この構成でも、初期捕捉モード情報の再確認が行われる。複数のアンテナ素子の合成放射指向性のパターンはアンテナ素子の配置などによって定まるから、複数種類のモード情報に対応した合成手段の出力レベルを合成放射指向性のパターンと照合すれば、初期捕捉モード情報に対応した主ビーム方向が電波到来方向に向いているかどうかを調べることができる。

【0019】このような照合は、たとえば、合成放射指向性のパターンが主ビームとその周辺にサブビームとを有するものである場合には、初期捕捉モード情報に対応した主ビーム方向にサブビームを向けることができる他のモード情報の受信レベルが所定の閾値以上であるかどうかを調べることによって行える。請求項4記載のアンテナ装置は、上記合成手段に入力される前の上記移相手段を介した各アンテナ素子の出力信号と上記合成手段で合成された信号との位相差を検出する位相差検出手段と、この位相差検出手段が各アンテナ素子毎に検出した位相差に基づいて、上記モード情報生成手段が生成しているモード情報が適切か不適切かを判定する手段と、上記モード情報生成手段が生成しているモード情報が不適切であると判定されたときに、この不適切なモード情報に対応した主ビーム方向よりも電波が到来する方向に近い方向に主ビーム方向を設定することができる他のモード情報を上記モード情報生成手段に生成させるモード情報更新手段とをさらに含むことを特徴とする。

【0020】この構成では、電波源の自動追尾を行える。すなわち、移相手段を介したアンテナ素子の出力信号と合成手段で合成された信号との位相差が検出され、この位相差に基づいてモード情報の適否が判定される。そして、モード情報が不適切であると判定されると、モード情報更新手段はモード情報を更新する。すなわち、モード情報生成手段に、電波到来方向に近い方向に上記主ビーム方向を設定することができる他のモード情報を生成させる。これにより、主ビーム方向を常に電波到来方向に向けることができる。

【0021】請求項5記載のアンテナ装置は、上記モード更新手段は、上記合成手段の出力レベルが所定の受信レベル判定閾値未満のときに、上記モード情報生成手段

情報のなかから、上記合成手段の出力レベルが最大となるモード情報を求め、このモード情報を上記モード情報生成手段に生成させる手段を含むものであることを特徴とする。

【0022】この構成では、合成手段の出力レベルが所定の受信レベル判定閾値未満になると、モード情報の更新が行われる。すなわち、現在のモード情報に対応した主ビーム方向の近傍の所定の第3範囲内に主ビーム方向を有するモード情報のうちで、最大受信レベルのモード情報が新たなモード情報となる。請求項6記載のアンテナ装置は、移動体に搭載されて用いられるとともに、上記モード更新手段は、上記移動体の姿勢変動に基づいて、上記モード情報生成手段に生成させるべきモード情報を更新する手段を含むものであることを特徴とする。

【0023】この構成では、移動体の姿勢変動によらずに電波源の追尾を達成するために、移動体の姿勢変動に基づいてモード情報の更新が行われる。

【0024】

【実施例】以下では、本発明の実施例を、添付図面を参照して詳細に説明する。

1. 基本構成

図1は本発明の一実施例の全体の構成を示すブロック図であり、車両などの移動体に搭載されるアンテナ装置の構成が示されている。通信衛星などからの電波を受信するためアンテナ素子A1、A2、A3およびA4は、たとえば図2に示されているように、水平面に沿ったxy平面上に、電波伝搬特性の相関関係が小さくなるように等間隔で配置される。

【0025】アンテナ素子A1、A2、A3、A4はそれぞれ移相器B1、B2、B3、B4を介して合成器1に接続されている。この合成器1で合成されて得られた信号は通信端子Tに導出される。通信端子Tは、図示しない受信機に接続される。移相器B1、B2、B3、B4は、後述するようにその移相量を可変制御することができるものである。移相器B1、B2、B3、B4は、それぞれ移相器ドライバD1、D2、D3、D4によって駆動される。

【0026】移相器ドライバD1、D2、D3、D4には、記憶手段としてのROM（リード・オンリ・メモリ）10から移相量に対応した制御信号が入力される。ROM10のアドレス入力端子にはラッチング回路11に保持されたアドレスデータが入力されており、このROM10は入力されたアドレスに格納されたデータを移相器ドライバD1、D2、D3、D4に与える。ラッチング回路11には、モード情報生成手段、初期把握手段、初期捕捉手段、モード情報更新手段、およびビーム*

*方向制御手段などとして機能するCPU（中央処理装置）20の出力ポートP5、P6からのデータが与えられる。また、ラッチング回路11には、保持データを不変に保つ保持状態と、CPU20から与えられるデータを内部に読み込む設定許可状態とを切り換えるための制御端子CTRが設けられている。この制御端子CTRは、CPU20の出力ポートP7に接続されている。

【0027】一方、合成器1の出力信号は、切換えスイッチS1を通して、レベル検出手段としての振幅検出回路2と位相差検出回路3とに選択的に入力される。振幅検出回路2の出力は、CPU20の振幅入力ポートP1に入力され、位相差検出回路3の出力は位相差入力ポートP2に入力されている。スイッチS1は、CPU20が出力ポートP4に導出する制御信号に基づきドライバ5によって切り換えられる。

【0028】位相差検出回路3には、スイッチS1からの信号のほかに、切換えスイッチS2からの信号も入力されている。このスイッチS2は、合成器1に入力される以前のアンテナ素子A1、A2、A3、A4の出力信号（正確には移相器B1、B2、B3、B4の出力信号）を切り換えて順に出力するものである。その切換えは、CPU20が出力ポートP3に導出する制御信号に基づき、ドライバ5によって行われる。

【0029】なお、CPU20にはバス21が接続されており、このバス21には、ワークエリアなどとして用いられるRAM（ランダム・アクセス・メモリ）22、図外のナビゲーションシステム等から車輪速データ等を取得するためのインタフェース（I/F）23などが接続されている。車輪速データとは、車両の前後四輪の各回転速度に対応したデータである。

【0030】上述のような構成によって、当該装置の動作開始時にはアンテナ素子A1、A2、A3、A4の合成放射指向性の主ビーム方向を電波到来方向に向けるための初期捕捉動作が行われる。そして、初期捕捉動作が行われた後には、電波到来方向の変化に応じてその方向に合成放射指向性の主ビーム方向に向けるための追尾動作が行われる。合成放射指向性の主ビーム方向の制御は、移相器B1、B2、B3、B4における各移相量を制御することによって行われる。

【0031】たとえば、任意のアンテナ素子Ak（k=1、2、3、4）が図3に示すようにxy平面上に配置されているとすると、放射指向性の主ビーム方向をベクトルP方向に向けるためには、アンテナ素子Akに接続された移相器Bkの移相量 Φ_k を下記第(1)式に示すように定めればよい。

$$\Phi_k = -\beta R_k \sin \theta_r \cos (\phi_r - \phi_k) \quad \cdots (1)$$

ただし、 R_k は原点Oからアンテナ素子Akまでの距離

θ_r はベクトルPの垂直角

この第(1)式に示された移相量 ϕ_k は θ_r 、 ϕ_r の連続関数であるが、これをデータ制御が容易に行えるように適当に定めた移相ステップ $D\phi$ で量子化する。このとき、量子化された移相量 ϕ_k は下記第(2)式のように表*

$$\phi_k = [-\beta R_k \sin \theta_p \cos (\phi_p - \phi_k)]_{D\phi} \dots (2)$$

ただし、記号 $[]_{D\phi}$ は、 $[]$ 内の量を

$D\phi$ 間隔で量子化することを表す。

【0033】なお、移相ステップ $D\phi$ は、放射指向性の主ビーム方向切換え角度間隔、量子化による方位誤差および不要放射ローブ等の指向性性能などを考慮して定められる。通常、 $D\phi = 30$ 度程度に設定することが妥当な場合が多い。図4(a)および(b)は、移相量を30度ずつ変化させることができる移相器 B_k の構成例を示すブロック図である。図4(a)の構成例では、移相量がそれぞれ30度(= $D\phi$)、60度(= $2 \cdot D\phi$)、120度(= $2^2 \cdot D\phi$)、240度(= $2^3 \cdot D\phi$)の移相器ユニット31、32、33、34がカスケード接続されている。各移相器ユニット31、32、33、34は、ドライバ36、37、38、39から制御端子31a、32a、33a、34aにバイアス電圧を加えることにより、非バイアス時に比較してそのユニットに割り当てられた値だけ位相遅れが生じるように構成されている。バイアス電圧を加える移相器ユニット31、32、33、34の組合せによって、0度乃至450度の間で30度間隔で移相量を設定することができる。たとえば、移相器ユニット32と移相器ユニット34とを同時に駆動し、移相器ユニット31、33を非バイアス状態とすれば、300度の位相遅れを生じさせることができる。

【0034】図4(b)の構成では、30度、60度、90度、……、300度、330度のように、30度間隔で駆動端子を設けた移相器40が用いられる。各駆動端子は、ドライバ d_1 、 d_2 、 d_3 、……、 d_{12} によって駆動される。この構成では、ドライバ d_1 、 d_{12}

$$\theta_{rj} = \theta_1 + (j-1) d\theta_r$$

ただし、 $j = 1, 2, 3, \dots$ である。水平角 ϕ_r に関しても同様であり、 $\phi_1 \sim \phi_2$ (移動体通信の場合には $\phi_1 = 0^\circ$ 、 $\phi_2 = 360^\circ - d\phi_r$)の角度範囲で、★

$$\phi_{ri} = \phi_1 + (i-1) d\phi_r$$

ただし、 $i = 1, 2, 3, \dots$ である。間隔 $d\theta_r$ および $d\phi_r$ は、アンテナ装置の総合指向性の観点から決定される。たとえば、垂直角 θ_r の間隔 $d\theta_r$ は主放射ビームの垂直半値角程度に設定され、水平角 ϕ_r の間隔 $d\phi_r$ は主放射ビームの水平半値角程度に設定される。

2-2. ビーム方向の指定方法

*される。

【0032】

【数1】

※2、 d_3 、……、 d_{12} でいずれか1つの駆動端子を駆動することによって、30度間隔で設定された任意の位相遅れを生じさせることができる。

2. ビーム方向の設定方法

次に、放射指向性の主ビーム方向を設定する方法について説明する。放射指向性の主ビーム方向を設定することは、図3のベクトル P の垂直角 θ_r および水平角 ϕ_r を設定することにほかならない。

2-1. 設定ビーム方向の量子化

ビーム方向をCPU20によるデジタル処理によって設定するためには、垂直角 θ_r および水平角 ϕ_r を量子化することが必要である。ここでは、垂直角 θ_r は量子化ステップ $d\theta_r$ で量子化し、水平角 ϕ_r は量子化ステップ $d\phi_r$ で量子化するものとする。

【0035】垂直角 θ_r には、当該アンテナ装置の適用システムによって規定される範囲が存在する。たとえば、静止衛星からの電波を日本全国で受信することを目的としたシステムでは、垂直角 θ_r は20度～70度の範囲内の値をとることができればよい。この角度範囲外に放射指向性の主ビーム方向を設定することは意味がないからである。垂直角 θ_r が採りうる角度範囲が $\theta_1 \sim \theta_2$ であるとする、垂直角 θ_r の量子化の結果として、設定されうる垂直角 θ_r の値は、 θ_1 、 $\theta_1 + d\theta_r$ 、 $\theta_1 + 2d\theta_r$ 、……、 θ_2 となる。これを一般的に表現すれば、下記第(3)式のとおりとなる。

【0036】

$$\dots (3)$$

★下記第(4)式のとおりに量子化される。

【0037】

$$\dots (4)$$

【0038】上述のように主ビーム方向を量子化すると、 j および i を定めれば主ビーム方向が決まる。そこで、 j および i によって定まるビーム状態をモード (j, i) と定義し、 j および i をモード番号と定義する。この場合、CPU20からモード番号 j および i を出力したときに、各移相器 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 にモ

ば、CPU 20によるビーム方向の指定が達成される。

【0039】たとえば、CPU 20の出力としては、モード番号 j および i をそれぞれ並列出力型の2進数 $B(j)$ 、 $B(i)$ で表現するものとし、 $B(j)$ を表現するために J 本の出力端子を割り当て、 $B(i)$ を表現するために I 本の出力端子を割り当てる。そして、たとえば、図5に示されているように、ROM 10のアドレス入力端子 $A_0 \sim A_{I-1}$ を $B(i)$ に対応させ、アドレス入力端子 $A_I \sim A_{I+J-1}$ を $B(j)$ に対応させる。2進数 $B(j)$ 、 $B(i)$ とROM 10のアドレス入力端子との上位/下位の対応付けは、図5の場合と逆に設定されてもよい。ただし、以下では、図5のような対応関係を前提として説

$$IADD(j, i) = B(i + j \cdot 2^I) \quad \dots (5)$$

ただし、 i は水平角 ϕ_i を指定するモード数 (10進数)

j は垂直角 θ_j を指定するモード数 (10進数)

$B(\quad)$ は (\quad) 内の数値を2進数表現することを表す記号

なお、ROM 10の残りのアドレス入力端子は全てローレベルに固定されているものとする (ただし、正論理である。)

【0042】すなわち、CPU 20からはモード (j, i) を指定するために並列型で $B(j)$ 、 $B(i)$ を出力し、ROM 10には入力アドレスとして第(5)式の値を与えるものとする。

2-3. 移相器ドライブデータ

移相器 B_k を駆動するためのデータは、移相器 B_k の具体的な構成によって異なる。

【0043】まず、図4(a)の構成の移相器 B_k を用いる場合の移相器ドライブデータについて説明する。アンテナ素子数 (移相器の数) が4であり、 $D\Phi = 30^\circ$ で※

$$N_k(j, i) = B(|\Phi_k(j, i)/D\Phi|) \quad \dots (6)$$

たとえば、 $\Phi_k(j, i) = -210^\circ$ であるとする
と、

$$\star |\Phi_k(j, i)/D\Phi| = 210/30 = 7$$

★ であるから、

$$N_k(j, i) = B(7) = (0111)_2 \quad \dots (7)$$

となる。この場合には、 N_k の最下位ビットによって図4(a)の移相器ユニット31 (位相遅れは 30°)、下から2位のビットによって移相器ユニット32 (位相遅れは 60°)、下から3位のビットによって移相器ユニット33 (位相遅れは 120°) が励振される。その結果、合計で 210° の位相遅れが設定される。このように、 $N_k(j, i)$ は、移相器 B_k の励振状態を2進数で表現したものであることがわかる。

☆【0046】ここで、図6を参照すると、移相器 B_k を駆動するROM 10の出力端子は最下位ビット (端子 O_0 に相当する。) よりも $4(k-1)$ ビットだけ上位にシフトしていることがわかる。したがって、ROM 10が出力端子 $O_0 \sim O_{15}$ に出力する全体のデータは、下記第(8)式で表現されることになる。

【0047】

【数2】

$$OTDATA = B\left(\sum_{k=1}^4 2^{4(k-1)} \cdot N_k\right) \quad \dots (8)$$

【0048】一方、移相器 B_k を図4(b)の構成で実現する場合には、移相器 B_k に与えられるROM 10の出

*明する。

【0040】なお、図5では、 $I=7$ 、 $J=3$ の場合が示されている。また、この図5のROM 10は、16ビットのアドレスデータが入力される16本のアドレス入力端子 $A_0 \sim A_{15}$ を備えている。アドレス入力端子 $A_0 \sim A_{15}$ に与えられたアドレス信号はデコーダ51でデコードされて記憶部52に入力される。そして、記憶部52に記憶された16ビットのデータが出力端子 $O_0 \sim O_{15}$ に導出されることになる。

【0041】ROM 10のアドレス入力端子 $A_0 \sim A_{15}$ に入力される入力アドレス $IADD(j, i)$ は、結局、下記第(5)式で表されることになる。

※あり、ROM 10のデータ出力端子が16本の場合、移相器 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 とROM 10のデータ出力端子 $O_0 \sim O_{15}$ との対応関係は、たとえば、図6のように設定される。すなわち、最初の4ビット分の出力端子 $O_0 \sim O_3$ が移相器 B_1 に割り当てられ、次の4ビット分の出力端子 $O_4 \sim O_7$ が移相器 B_2 に割り当てられ、さらに次の4ビット分の出力端子 $O_8 \sim O_{11}$ が移相器 B_3 に割り当てられ、上位の4ビット分の出力端子 $O_{12} \sim O_{15}$ が移相器 B_4 に割り当てられる。

【0044】移相器 B_k のモード (j, i) に対する量子化された移相量 Φ_k は、上記第(2)式に第(3)式および第(4)式を代入することによって定められる。ここで、下記第(6)式で表される N_k を計算してみると、この N_k は移相器 B_k をドライブするために割り当てられたROM 10の4本の出力端子の状態を2進数表現したものとなっている。

【0045】

$$\star |\Phi_k(j, i)/D\Phi| = 210/30 = 7$$

★ であるから、

$$N_k(j, i) = B(7) = (0111)_2 \quad \dots (7)$$

☆【0046】ここで、図6を参照すると、移相器 B_k を駆動するROM 10の出力端子は最下位ビット (端子 O_0 に相当する。) よりも $4(k-1)$ ビットだけ上位にシフトしていることがわかる。したがって、ROM 10が出力端子 $O_0 \sim O_{15}$ に出力する全体のデータは、下記第(8)式で表現されることになる。

【0047】

【数2】

$$OTDATA = B\left(\sum_{k=1}^4 2^{4(k-1)} \cdot N_k\right) \quad \dots (8)$$

の誘導および証明は省略する。)

【0049】

$$OTDATA_k = B(2^{N_k-1})$$

.... (9)

【0050】この場合には、図4(b)の構成から理解されるように、1つの移相器 B_k を駆動するために12ビットを要するから、図6に示されたような16ビット出力のROMを用いる場合には、同様なROMが各移相器 B_k ごとに必要となり、全体で4個のROMを要する。ROMの有効利用という観点からは図4(a)の構成の方が図4(b)の構成よりも優れていると言えるが、いずれの構成を採用するかについては、移相器の構成およびROMの有効利用の観点を勘案して総合的に判断することが好ましい。

2-4. ROMデータの設定

次に、ROM10へのデータの設定について説明する。

【0051】ROM10の入力データ(入力アドレス)と出力データとが定まると、ROM10に必要なデータを書き込む必要がある。必要な全ての j, i について、まず、上記第(5)式によって、ROM10への入力アドレス $IADD(j, i)$ を計算する。次に、 $IADD(j, i)$ によってアプローチされるROM10のアドレスを確認する。これは、使用するROMの取扱説明書に従って確認することになるが、図5や図6に例示されたような入力16ビット出力16ビットのROMでは、 $2 \cdot IADD(j, i)$ および $2 \cdot IADD(j, i) + 1$ が対応するメモリアドレスであることが多い。

【0052】このようにして決定されるROM10のメモリアドレスに、移相器構成に応じて、上記第(8)式または上記第(9)式によって定まる $OTDATA_k$ または $OTDATA_k$ ($k=1, 2, 3, 4$)を書き込めば良い。データの書込方法については、使用するROMの仕様により定まる。

2-5. ビーム方向の設定

上述のようにして装置を構成することにより、主ビーム方向の設定は、基本的には、CPU20が出力ポートP5, P6にモード番号 j, i (すなわち、上記第(5)式のデータ)を出力するだけで行われることになる。

【0053】ところが、当該アンテナ装置が車両などの移動体に搭載される場合には、移動体の移動に伴ってビーム方向を変化させる必要があり、また、当該アンテナ装置が固定的に設置される場合であっても環境の変化に伴ってビーム方向を変化させる必要が生じる。このような動作を実現するために、後述するようにCPU20は、その内部でビーム方向をどちらの方向に向けるのが一番よいかを検討するための処理を行う。この処理中にCPU20の出力が不所望な変化を示すと、それに応じてアンテナのビーム方向が変化し、通信の連続性が保証されなくなるおそれがある。

【0054】この問題を避けるために、本実施例では、

ている。このラッチング回路11は、データの設定を許容する設定許可状態と、保持データを不変に保つ保持状態との2つの状態を選択的にとることができるものであり、この動作状態を指定するための制御端子CTRを備えている。この制御端子CTRには、CPU20の出力ポートP7から動作指定信号が与えられる。たとえば、制御端子CTRにローレベルの信号を与えるとラッチング回路11は設定許可状態となり、ハイレベルの信号を与えると保持状態となる。

【0055】したがって、出力ポートP7にハイレベルの動作指定信号を出力させておけば、CPU20の出力データが変化しても、ラッチング回路11の出力は不変に保たれる。その結果、ROM10の出力データは不変に保たれ、移相器 B_1, B_2, B_3, B_4 の動作状態は変化しないから、ビーム方向が変化することがない。図8は、CPU20の動作を説明するためのフローチャートである。CPU20は、通常は、出力ポートP7にハイレベルの動作指定信号を導出しておき(ステップm1)、ラッチング回路11を保持状態としておいて、モードを決定するための処理などを行う(ステップm2)。そして、モードを変化させる必要がある場合には、新たに決定されたモード番号を出力ポートP5, P6に出力し(ステップm3)、動作指定信号をローレベルとする(ステップm4)。これにより、ラッチング回路11には新たなデータが取り込まれ、アンテナの放射ビームモードは、瞬間的に新たな指定状態に変化する。その後、CPU20は直ちに動作指定信号をハイレベルとし(ステップm1)、次のプロセスに移る。

【0056】すなわち、モードが決定する以前の期間には、ラッチング回路11は保持状態となり、ビーム方向は不変に保たれる。そして、モードが決定した時点で、ラッチング回路11は設定許可状態に制御される。このようにして、モード変更時の過渡的なビームの乱れを防ぎつつ、安定した通信状態を保つことができる。なお、CPU20の内部処理の影響によるビーム方向の変化を防止するためには、図9に示す構成を採用することもできる。すなわち、この構成では、ROM10の入力側にはラッチング回路11Aを設ける代わりに、ROM10の出力側と移相器ドライバ D_1, D_2, D_3, D_4 との間に、ラッチング回路11Aが設けられている。このラッチング回路11Aは、ラッチング回路11と同様な構成を有する。そして、ラッチング回路11Aの制御端子CTRには、CPU20の出力ポートP7からの信号が入力されている。CPU20の動作は、図7に示された構成の場合と同様である。

【0057】この構成では、CPU20の内部処理に応

し、移相器ドライバD1～D4に与えられるデータは、ラッチング回路11によって不変に保つことができる。これにより、結果的に、図7の構成の場合と同様な動作が達成される。

3. アンテナの制御動作

次に、アンテナ素子A1～A4の信号の位相を変化させることにより、合成放射指向性の主ビーム方向を電波到来方向に向けるための制御動作について説明する。この制御動作は、当該アンテナ装置を設置して動作開始させるときに最初に電波源を捕捉するための初期捕捉動作と、初期捕捉動作の後に移動体の移動や環境の変化に応じて電波源を自動追尾するための追尾動作とを含む。

3-1. 初期捕捉動作

まず、初期捕捉動作について説明する。

【0058】通信を開始する以前には、アンテナの放射ビームの方向がいずれの方向を向いているかが不明である。そのため、電波を受信することができるようにアンテナのモードを設定する必要がある。そこで、アンテナのモードを初期設定するに当たり、CPU20は、ドライバ5を制御して、切換えスイッチS1を振幅検出回路2側に接続させる。そして、振幅検出回路2で検出される受信レベルが最大となるモードを見出す。この受信レベルが最大値をとるモードが、初期捕捉のためのモードとして決定されることになる。

【0059】このような初期捕捉は、設定可能な全モードを順に走査して、受信レベルが最大となるモードを見出すことによって行えると考えられる。しかし、全モードを走査すると、初期捕捉に要する時間が長くなるため、あまり好ましくない。とりわけ、当該アンテナ装置が車両などの移動体に搭載されて用いられる場合には、移動体が常時動くことや、移動体が電波の受信が不可能な場所（たとえば高層ビル影など）に移動する可能性があることなどを考えると、初期捕捉時間はできるだけ短時間で終わることが好ましい。

【0060】そこで、アンテナの主ビーム方向を量子化する際に、量子化ステップを荒く設定して、全モード数*

$$\phi_{pi} = \phi_i + 4(i-1)$$

ただし、 $i=1, 2, \dots, 90$ である。

【0065】一方、放射指向性パターンは、図11から判るように、主ビームMBを中心とした左右対象のパターンとなり、主ビームMBの両側にサイドローブと呼ばれるサブビームSB1, SB2（総称するときには「サブビームSB」という。）が存在する。図11の例では、主ビームMBとサブビームSBとの間の方位差は15°である。

3-1-1. 第1段階の初期捕捉（初期把握動作）

第1段階の初期捕捉動作としての初期把握動作は、主ビームMBまたはサブビームSBを捕捉する動作である。

*を少なくすることが考えられる。しかし、初期捕捉時間が十分に短縮されるほど量子化ステップを荒く設定すると、モード間のいわば谷間における受信レベルが過度に低下するおそれがあり、電波を受信する際の信頼性の低下を招く。

【0061】このような問題を解決するために、本実施例では、(a) モードの谷間における受信レベルの低下が極力抑制されるように主ビーム方向の量子化ステップが設定され、(b) 初期捕捉動作は一定の間隔でモードを走査してモードの範囲を絞り込む第1段階と、第1段階で絞り込まれた範囲内の全モードを走査して1つのモードを選択する第2段階と、第2段階で選択された1つのモードを再確認するための第3段階とからなる。

【0062】水平角 ϕ_f に関する初期捕捉動作を例にとって具体的に説明する。モード間の谷間における受信レベル低下量を1dB以内にするには、4度単位の方位検索が必要である。すなわち、水平角 ϕ_f に対する量子化ステップ $d\phi_f$ を4度とする必要がある。この場合、任意の垂直角 θ_f に対して、それぞれ90（ $=360/4$ ）個のモードが存在することになる。

【0063】図10は、本実施例のアンテナ装置の放射指向性を表すテーブルであり、このテーブルは図11にグラフ化されている。図10には、水平角が0°の方向から電波をアンテナ素子A1～A4に与え、このアンテナ素子A1～A4の合成放射指向性の主ビーム方向の水平角 ϕ_f を $-180^\circ \sim 180^\circ$ の範囲において0.5°間隔で変化させたときの受信レベルの変化が示されている。なお、図10において、受信レベルを表す数値は16進数で表されている。

【0064】図10から、水平角 ϕ_f の量子化ステップ $d\phi_f$ を4°に設定しておけば、モード間の谷間における受信レベルの低下量を1dB以内にできることが理解される。この場合、量子化された水平角 ϕ_f は、上記第(4)式より、モード番号*i*を用いて下記第(10)式によって表されることになる。

$$\dots (10)$$

【0066】すなわち、主ビーム方向の垂直角 θ_f を一定にしておき、主ビーム方向の水平角 ϕ_f が20°間隔で設定されるように選択されたモードである初期把握用モードが順に走査される（ステップa11）。具体的には、水平角 ϕ_f に対応したモード番号*i*のうち、たとえば、 $i=5n+1$ （ $n=0, 1, 2, \dots$ ）を満たすモード番号*i*が順に設定される。これにより、18（ $=90/5$ ）個の初期把握用モードが走査されることになる。各初期把握用モード設定時における受信レベルは、振幅検出回路2で検出されて、入力ポートP1からCPU20内に取り込まれる。そして、この受信レベルは、

れた後に、CPU 20はRAM 22を参照して、最大受信レベルの初期把握用モードを求めて、初期把握モードとする(ステップa 12)。図13は、図10のテーブルを20° 間隔でグループ化して再配列したテーブルである。0° の方位から電波が到来している状態では、上記第(10)式における初期値 ϕ_1 を零とした場合に、 $i = 5n + 1$ を満たす18個のモード番号*i*を走査したすると、図13のテーブル中第1行の左右方向に配列された18個の値が受信レベルとしてRAM 22に格納されることになる。そして、受信レベルが最大である番号1に対応したモードが初期把握モードとして決定され、初期把握方位は0° となる。なお、図13において左右方向に配列された18個の値のうちの最大値に対応した欄内には斜線が付されている。

【0068】一方、上記の初期値 ϕ_1 を0.5°, 1.0°, 1.5°, ……としたときには、18個の初期把握用モードに対応した受信レベルの値は、図13のテーブル中第2行、第3行、第4行、……の左右方向に配列された18個の値になると期待される。いずれの場合にも、番号1または番号18に対応したモードが初期把握モードとされることになる。このようにして、主ビームMBまたはサブビームSBの近傍のモードが初期把握モードとして求められる。

【0069】なお、図13に示されているように、初期把握方位は±17° の範囲内の値をとることになる。このことは、初期把握動作によって決定されたモードに対応した主ビーム方向は、電波到来方向に対して最大で±17° の誤差を有している可能性があることを示している。初期把握用モードを20° 間隔に設定するのは、上記のように主ビームMBとサブビームSBとの間の方位差が15° であるからである。すなわち、初期把握用モードの角度間隔を主ビームMBとサブビームSBとの方位差よりも若干大きめに設定しておけば、主ビームMBまたはサブビームSBを確実に捕捉することができる。

3-1-2. 第2段階の初期捕捉動作

第2段階の初期捕捉動作は、図12のステップa 21, a 22に示されている。

【0070】すなわち、初期把握動作によって得られた初期把握モードに対応する初期把握方位の±約50° の範囲に渡って、全モードが走査される(垂直角のモード番号*j* に関しても走査が行われてもよいが、処理を短時間に行うためには垂直角のモード番号*j* は一定としておくことが好ましい。)。具体的には、初期把握モードを中心とした±12 (=50/4) モードの25個のモードが走査される(ステップa 21)。そして、各モード設定時における受信レベルは、入力ポートP 1からCPU 20に取り込まれ、RAM 22に格納される。

【0071】たとえば、初期把握モードのモード番号*i*

とも、 $i = 5n + 1$ に対応したモードに関しては、初期把握動作時に受信レベルがモニタされているから、これらのモードは必ずしも再走査する必要はない。さらに、ステップa 22では、CPU 20は、RAM 22を参照し、初期把握モードを中心とした±12モードの受信レベルのうちで最大のものを見出し、その最大の受信レベルに対応したモードを初期捕捉モードとする。

【0072】なお、図11に示されているように、本実施例では主ビームMBとサブビームSBとの方位差が15° 程度であるので、ステップa 21における処理では、±20° (±5モード) の範囲でモードの走査を行えば初期捕捉を行えると考えられる。本実施例では、当該アンテナ装置が搭載される移動体の揺動等による受信レベルの変動の影響を考慮して、第2段階の初期捕捉動作におけるモード走査範囲を広めに設定している。

3-1-3. 第3段階の初期捕捉動作(モード再確認動作)

初期捕捉動作の第3段階は、第2段階で得られた初期捕捉モードを再確認して確定させるための動作である。この動作は、図12のステップa 31~a 34に示されている。

【0073】まず、ステップa 31では、初期捕捉モードの左右±2モード(±約10°) の範囲の5モードが走査され、各モードの受信レベルが取得されてRAM 22に格納される。そして、走査された5モードのうちで最大の受信レベルのモードが見出される。ステップa 32では、ステップa 31で得られたモードと、ステップa 22で求められた初期捕捉モードとが一致するかどうか判断される。一致しているときには、ステップa 33に処理が移り、不一致であれば、ステップa 11に戻る。

【0074】たとえば、初期捕捉モードの水平角 ϕ_1 に対応したモード番号*i* が「9」である場合には、 $i = 7, 8, 9, 10, 11$ の5モードが走査される。そして、この5モードのなかで、 $i = 9$ のモードの受信レベルが最大である場合には、ステップa 33に進み、 $i = 9$ 以外のモードの受信レベルが最大であるときにはステップa 11に戻る。

【0075】ステップa 33では放射指向性パターンとの照合が行われる。具体的には、ステップa 32で一致が確認された初期捕捉モードに対応した主ビームMBが電波到来方向に向いていると仮定したときに、サブビームSB 1, SB 2が電波到来方向に向いていると予想される各モードに対応した受信レベルが調べられる。つまり、初期捕捉モードの主ビーム方向にサブビームを向けることができるモードの受信レベルがRAM 22から読み出される。それらのモードの受信レベルが所定の閾値を超えている場合には、初期捕捉モードに対応した主ビームMBが電波到来方向に向いているものとされ、初期

な受信レベル判定閾値が定められ（ステップa 4 0）、追尾動作に移る。受信レベル判定閾値は、たとえば、最大受信レベルよりも5 dBだけ小さな値とされる。なお、ステップa 3 1において初期捕捉モードを中心とした5モードの範囲を再走査して初期捕捉モードの再確認を行うようにしているのは、モードの再確認処理を短時間で行うためである。すなわち、移動中の移動体の状態は刻々と変化しているから、初期捕捉されたモードの再確認を短時間に行わなければ、初期捕捉モードと再確認処理時における最大受信レベルのモードとを一致させることができなくなる。そこで、十分に少ないモード数の範囲である5モードの範囲を再走査することとしている。

【0077】なお、垂直角 θ_r に関する初期捕捉も同様に行えるが、たとえば車両において放送衛星からの電波を受信するような場合には、垂直角 θ_r は一定の値に固定してもよい。また、垂直角 θ_r を固定しない場合であっても、垂直角 θ_r の量子化ステップ $d\theta_r$ が充分に大きい場合には、垂直角 θ_r に対応したモード番号jの全部に関してモードの走査を行ってもよい。

3-2. 追尾動作

次に、移動体の移動や環境変化による電波到来方向の変化に応じて、自動的に電波を捕捉するための追尾動作について、図14のフローチャートを参照して説明する。

【0078】ステップb 1において、CPU 20は、ドライバ5を制御し、切換えスイッチ路1を振幅検出回路2側に接続させ、アンテナ素子A 1～A 4の合成受信レベルをモニタする。そして、合成受信レベルが、図12*

*のステップa 4 0において設定された受信レベル判定閾値よりも小さいときには、ステップb 8に進み、追尾が不良かどうかを判定するためのカウンタをカウントアップする。合成受信レベルが閾値以上なら、ステップb 2に進み、次項において詳述する主ビーム方向の誤差判定処理が行われる。

【0079】この場合に、CPU 20は、ドライバ5を制御して、切換えスイッチS 1をアンテナ素子A 1, A 2, A 3, A 4の出力（正確には移相器B 1, B 2, B 3, B 4の出力）が順に位相差検出回路3に入力されるように切り換える。これにより、位相差検出回路3では、合成器1の出力と各アンテナ素子A 1, A 2, A 3, A 4の出力との位相差 $\Delta\psi_1, \Delta\psi_2, \Delta\psi_3, \Delta\psi_4$ が順に検出される。この位相差 $\Delta\psi_1, \Delta\psi_2, \Delta\psi_3, \Delta\psi_4$ は、入力ポートP 2からCPU 20内に取り込まれて自動追尾のために用いられる。3-2-1. 電波到来方向に対する主ビーム方向の誤差判定（ステップb 2の処理）アンテナ装置がモード（j, i）で動作しているものとし、このときのアンテナ素子A 1～A 4の合成放射指向性の主ビーム方向の方位が (θ_{sj}, ϕ_{si}) であるとする。

【0080】この場合、移相器B 1, B 2, B 3, B 4の設定移相量 $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4$ は、アンテナ素子A 1, A 2, A 3, A 4が図2のように配置されている場合、下記第(11)式で表される。

【0081】

【数4】

$$\Phi_k = \{ -\beta R \sin \theta_{sj} \cos \{ \phi_{si} - (2k-1) \pi / 4 \} \}_{D0} \dots (11)$$

ただし、 $k=1, 2, 3, 4$

$$\beta = 2\pi / \lambda$$

【0082】実際の電波到来方向が (θ_s, ϕ_s) である ※により与えられる。

とすると、アンテナ素子A kで受信されて、移相器B kを通過した波 e_k は、常数を省略して、下記第(12)式※

【0083】

【数5】

$$e_k = e^{j[\beta R \sin \theta_s \cos \{ \phi_s - (2k-1) \pi / 4 \} - (\beta R \sin \theta_{sj} \cos \{ \phi_{sj} - (2k-1) \pi / 4 \})_{D0}] } \dots (12)$$

ただし、 $k=1, 2, 3, 4$ 、jは虚数単位である。

【0084】よって、これらの波が合成器1で合成されると、合成器1の出力端子Tには、下記第(13)式で示される合成波 e_0 が出力される。

【0085】

【数6】

$$e_0 = e^{j\Phi_0} \sum_{k=1}^4 e^{j[\beta R \sin \theta_S \cos \{\phi_S - (2k-1)\pi/4\} - (\beta R \sin \theta_{Sj} \cos \{\phi_{Sj} - (2k-1)\pi/4\})_{D\Phi}]}$$

$$= E_0 e^{j\Psi_0} \quad \dots (13)$$

ただし、 Φ_0 は、各移相器から合成器出力に至るまでに受ける位相変移

E_0 は、合成波の振幅

Ψ_0 は、合成波の位相

【0086】なお、上記第(13)式以外にも、系統の構成によって定まる位相変移が存在するが、これらを Ψ_0 に含めて考えておけば、以下の議論の一般性が失われることはない。上記第(12)式および第(13)式から、移相器B *
 * k の出力 e_k と合成器1の出力 e_0 との移相差 $\Delta\Psi_k$ は、下記第(14)式で与えられる。
 【0087】
 【数7】

$$\Delta\Psi_k = [\beta R \sin \theta_S \cos \{\phi_S - (2k-1)\pi/4\} - [\beta R \sin \theta_{Sj} \cos \{\phi_{Sj} - (2k-1)\pi/4\}]_{D\Phi}] - \Psi_0 \quad \dots (14)$$

【0088】第(14)式により与えられる位相差 $\Delta\Psi_k$ を $k=1, 2, 3, 4$ に関して総和をとると、下記第(15)式のとおりとなり、これにより、下記第(16)式によって※
 ※ Ψ_0 を求めることができる。
 【0089】
 【数8】

$$\sum_{k=1}^4 \Delta\Psi_k = -4\Psi_0 \quad \dots (15)$$

$$\Psi_0 = -\frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 \Delta\Psi_k \quad \dots (16)$$

【0090】よって、系統の物理的な構成により定まる位相変移を除いた方位誤差と移相量 Φ_k の量子化誤差とにのみ起因する波 e_k の位相誤差 $\Delta\Psi_{k0}$ は、位相差 $\Delta\Psi_k$ を検出し、さらに、上記第(16)式に従って Ψ_0 を求め★
 30★することにより、下記第(17)式によって決定することができる。
 【0091】
 【数9】

$$\begin{aligned} \Delta\Psi_{k0} &= \Delta\Psi_k + \Psi_0 \\ &= [\beta R \sin \theta_S \cos \{\phi_S - (2k-1)\pi/4\} - [\beta R \sin \theta_{Sj} \cos \{\phi_{Sj} - (2k-1)\pi/4\}]_{D\Phi}] \end{aligned} \quad \dots (17)$$

【0092】実際の使用環境では、種々の原因により誤差が発生することがあるので、測定をN回繰り返し、下記第(18)式に従って位相誤差 $\Delta\Psi_{k0}$ を求めることにより、測定時の誤差の影響を低減することが好ましい。な☆
 40☆お、N回の測定値のなかから、異常値を取り除き、残余の測定値の平均をとるようにしてもよい。
 【0093】
 【数10】

$$\Delta\Psi_{k0} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta\Psi_{k0i} \quad \dots (18)$$

ただし、 $\Delta\Psi_{k0i}$ は i 回目の測定値である。

記第(20)式に基づいて、主ビーム方向の適否を判定すればよい。すなわち、第(20)式が成立するときには、処理は図14のステップb2からステップb10に移って上記のカウンタがクリアされる。すなわち、主ビーム方向は電波到来方向を向いているものとしてモードの変更は*

$$\varepsilon = \sum_{k=1}^4 |\Delta \Psi_{k0}| \quad \dots (19)$$

$$\varepsilon < 4\eta \cdot \frac{D\Phi}{2} \quad \dots (20)$$

ただし、 η は定数であり、 $0 < \eta < 1$ である。

【0096】なお、第(20)式に基づく判定では、 ε における 360° の整数倍のずれを除去しておくことが必要である。また、定数 η が大きすぎるとアンテナビームの方位が電波到来方向から大きくずれても、これを見逃すおそれがある。すなわち、感度が悪くなる。また、定数 η が小さすぎると、不必要なモード変更が繰り返されるおそれがある。そのため、量子化誤差を予め解析しておき、 η を最適値に設定することが好ましい。

3-2-2. 追尾のためのモード変更（ステップb3以下の処理）

電波到来方向に対する主ビーム方向の誤差が大きいと判断されて処理がステップb3に移ると、移動体の旋回方向が調べられる。すなわち、たとえば、CPU20は、インタフェース23を介して車輪速度データを取得し、前後四輪の車輪速データに基づいて、車両が右旋回中なのか左旋回中であるのかを判断する。つまり、車両が旋回しているときには内外輪差が生じることを理由して旋回方向を判断する。

【0097】ステップb4では、移動体の旋回方向とは反対方向に主ビーム方向が変化するように、水平角 ϕ_r に対応したモード番号1が1だけシフトされる。次いで、ステップb5では、CPU20はドライバ5を制御して切換えスイッチS1を振幅検出回路2側に接続させ、合成受信レベルを取得する。そして、取得された合成受信レベルが受信レベル判定閾値以上かどうかを判定する。合成受信レベルが閾値以上ならステップb10に進んでカウンタがクリアされ、合成受信レベルが閾値未満なら、ステップb6に進む。

【0098】ステップb6では、ステップb5で設定されたモードの周辺の左右 ± 2 モードの5モード分についてモードの走査が行われ、そのときの受信レベルがモニタされてRAM22に格納される。すなわち、モードの変更が必要な場合であっても、掛け離れたモードへの変更を要する場合は少ないと考えられ、周辺のモードにモード変更すればよいのが通常である。そこで、現在のモードの主ビーム方向の $\pm 10^\circ$ 程度の範囲に対応した上

*行わない。また、第(20)式が不成立なら、図14のステップb3以下のモード変更処理を行って主ビーム方向を電波到来方向に向ける。

【0095】

【数11】

の高いモードが設定される。なお、この場合、垂直角 θ_r に関するモードの走査が行われてもよい。ただし、当該アンテナ装置が車両において静止衛星からの電波を受信するために用いられる場合には、垂直角 θ_r に関するモードの走査は必ずしも必要ではない。

【0099】ステップb7では、ステップb6で設定されたモードに対応した合成受信レベルがRAM22から読み出され、受信レベル判定閾値と比較される。合成受信レベルが受信レベル判定閾値以上なら、ステップb1に戻り、合成受信レベルが受信レベル判定閾値未満なら、ステップb8において上述のカウンタがカウントアップされる。

【0100】ステップb9では、カウンタの値が所定の閾値THを超えたかどうか判断される。そして、閾値を超えたときには、追尾が行えない状態となったものと判断して、上述の初期捕捉動作が再度行われる。また、カウンタの値が閾値THを超えていない場合には、ステップb1に戻る。このようにして、アンテナモードは、電波到来方向に近いビーム方向に対応したモードに更新されていき、電波源の追尾が達成される。

4. むすび

以上のように本実施例によれば、合成放射指向性の主ビーム方向を量子化してモードで表し、このモードによってアンテナ素子A1～A4に接続された移相器B1～B4の制御を行っている。そのため、回路構成が簡単で、かつ、主ビーム方向を不必要なゆらぎを生じさせることなく安定に制御できるという利点がある。

【0101】また、移相器B1～B4とCPU系とだけで制御系を構成しているため、構成が簡単であり、経済的である。さらに、電波源を初期捕捉するための初期捕捉動作は、一定の間隔でモードを走査してモードの範囲を絞り込む第1段階と、第1段階で絞り込まれた範囲内の全モードを走査して1つのモードを選択する第2段階とを含む。そのため、全てのモードを走査する場合に比較して、初期捕捉時間を格段に短縮することができる。

【0102】初期捕捉が行われた後には、モードを変更

本発明の実施例の説明は、以上のとおりであるが本発明は上記の実施例に限定されるものではない。たとえば、上記の実施例では、４個のアンテナ素子Ａ１～Ａ４を用いた構成を例にとったが、アンテナ素子の数は４個に限定されるものではない。

【０１０３】また、グループアンテナをアンテナ素子として用いることもできる。この場合、各グループアンテナは複数のアンテナ素子を有しており、この複数のアンテナ素子の出力を合成した信号が移相器を経て図１の合成器１に入力されてさらに合成されることになる。その他、本発明の要旨を変更しない範囲で種々の設計変更を施すことができる。

【０１０４】

【発明の効果】請求項１記載の発明によれば、複数のアンテナ素子の出力を合成手段で合成したときの合成放射指向性の主ビーム方向は、所定の量子化間隔で量子化されており、この量子化された主ビーム方向に対応したモード情報によって移相手段の移相量が制御される。これにより、移相手段の移相量を制御するための構成を簡単にすることができ、また、主ビーム方向の制御も安定する。

【０１０５】さらに、電波の初期捕捉では、まず、モード情報を荒く走査して初期捕捉モード情報の存在範囲を絞り込み、絞り込まれた範囲内において詳細にモード情報を走査して初期捕捉モード情報を求めるようにしている。そのため、全モード情報を詳細に走査する場合に比較して、極めて短時間で初期捕捉を達成できる。請求項２または請求項３記載の発明によれば、初期捕捉モードの再確認が行われるので、初期捕捉を確実にできる。

【０１０６】請求項４記載の発明によれば、モード情報を更新することで電波源の追尾が行えるので、簡単な構成で電波源の追尾を行える。請求項５記載の発明によれば、合成手段の出力レベルが低くなったことに基づき、現在のモード情報の周辺のモード情報を検索することによって新たなモード情報が見出されるから、モード情報の更新を簡単な処理で行える。

【０１０７】請求項６記載の発明によれば、移動体の姿勢変動に基づいてモード情報の更新が行われる。これによって、モード情報を更新するための処理を簡素化できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施例のアンテナ装置の全体の構成を示すブロック図である。

【図２】複数のアンテナ素子の配置を説明するための図である。

【図３】アンテナ素子の位置と主ビーム方向との関係を示す図である。

【図４】移相器の構成例を示すブロック図である。

【図５】ＲＯＭの入力端子とモード番号との対応関係を説明するためのブロック図である。

【図６】ＲＯＭの出力端子と移相器との対応関係を説明するためのブロック図である。

【図７】ＲＯＭに関連する詳しい構成例を示すブロック図である。

【図８】ＣＰＵの動作を説明するためのフローチャートである。

【図９】ＲＯＭに関連する別の構成例を示すブロック図である。

【図１０】複数のアンテナ素子の合成放射指向性を説明するための図である。

【図１１】複数のアンテナ素子の合成放射指向性を説明するための特性図である。

【図１２】初期捕捉動作を説明するためのフローチャートである。

【図１３】初期捕捉動作時におけるモードの走査を説明するための図である。

【図１４】追尾動作を説明するためのフローチャートである。

【符号の説明】

１ 合成器

２ 振幅検出回路

３ 位相差検出回路

１０ ＲＯＭ

１１ ラッチング回路

２０ ＣＰＵ

２２ ＲＡＭ

Ｓ１ 切換えスイッチ

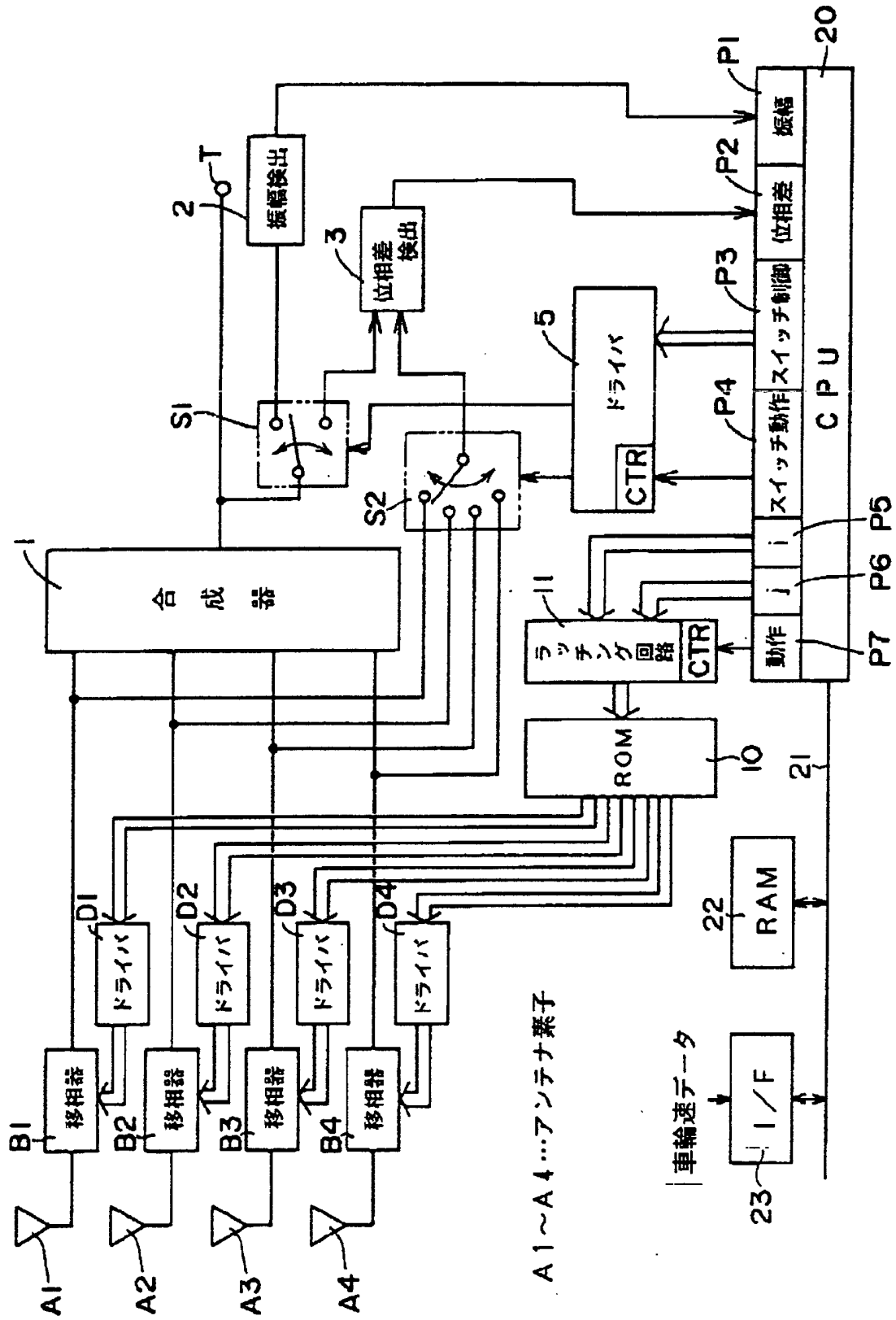
Ｓ２ 切換えスイッチ

Ａ１～Ａ４ アンテナ素子

Ｂ１～Ｂ４ 移相器

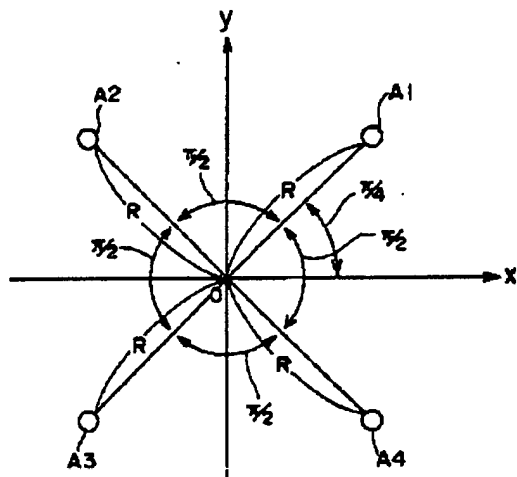
Ｄ１～Ｄ４ 移相器ドライバ

【図1】

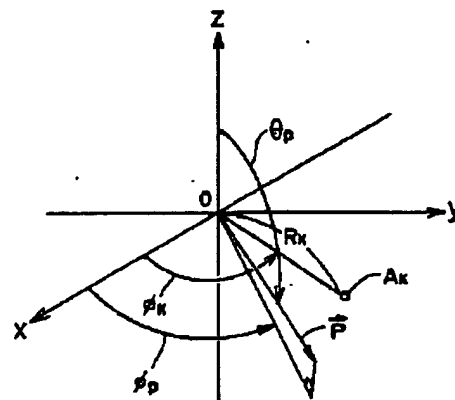


A1~A4...アンテナ素子

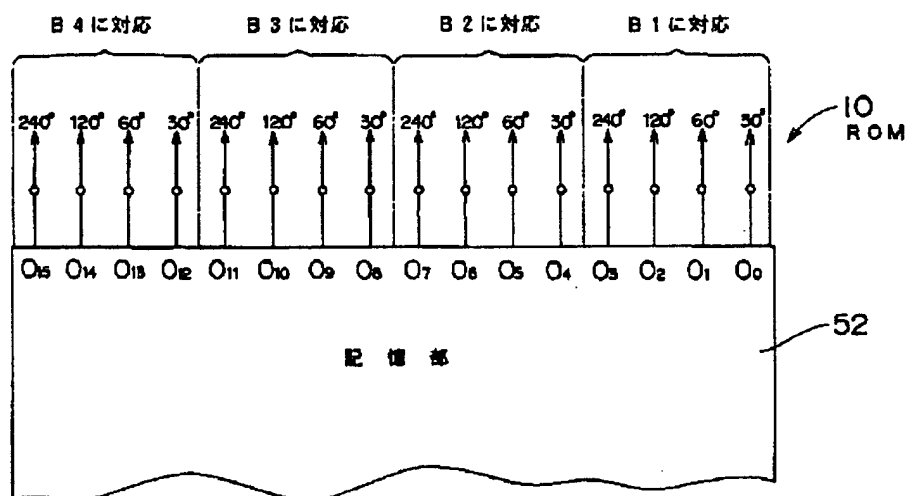
【図2】



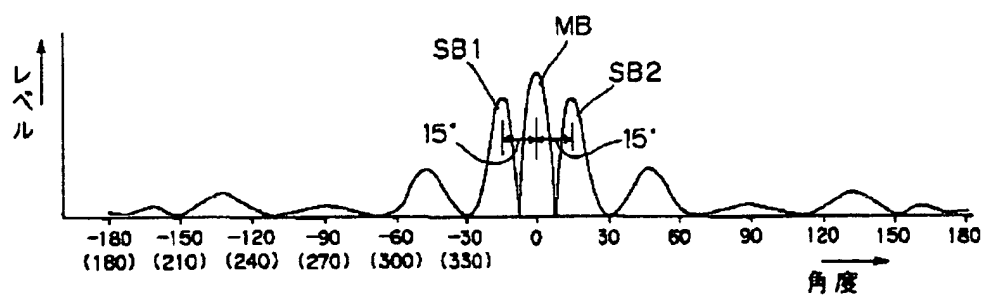
【図3】



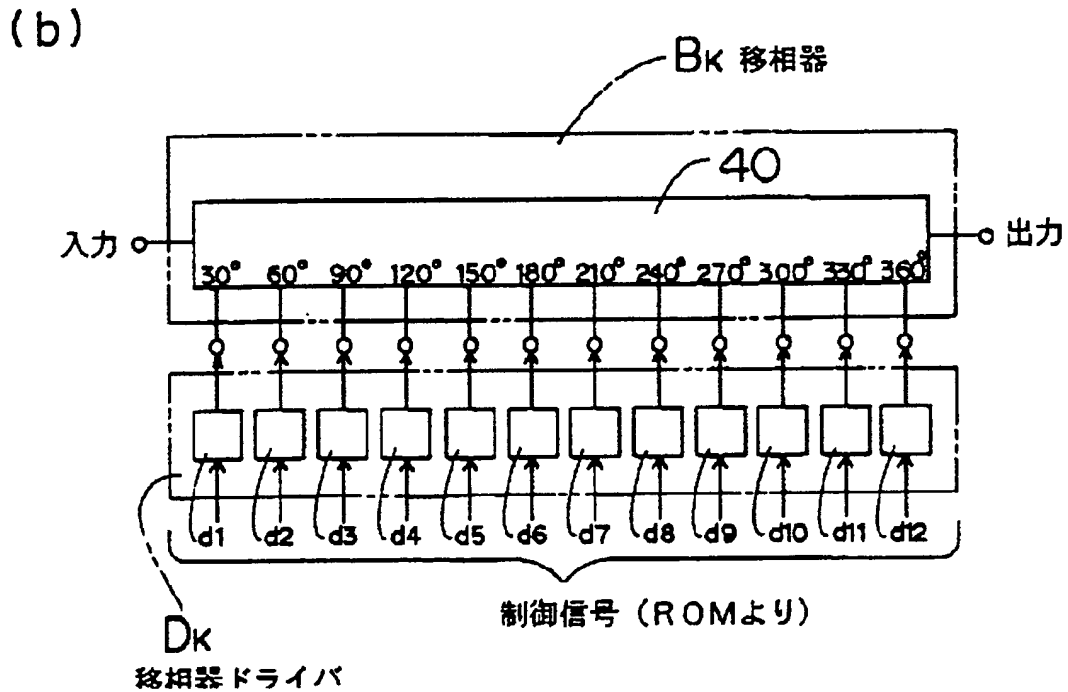
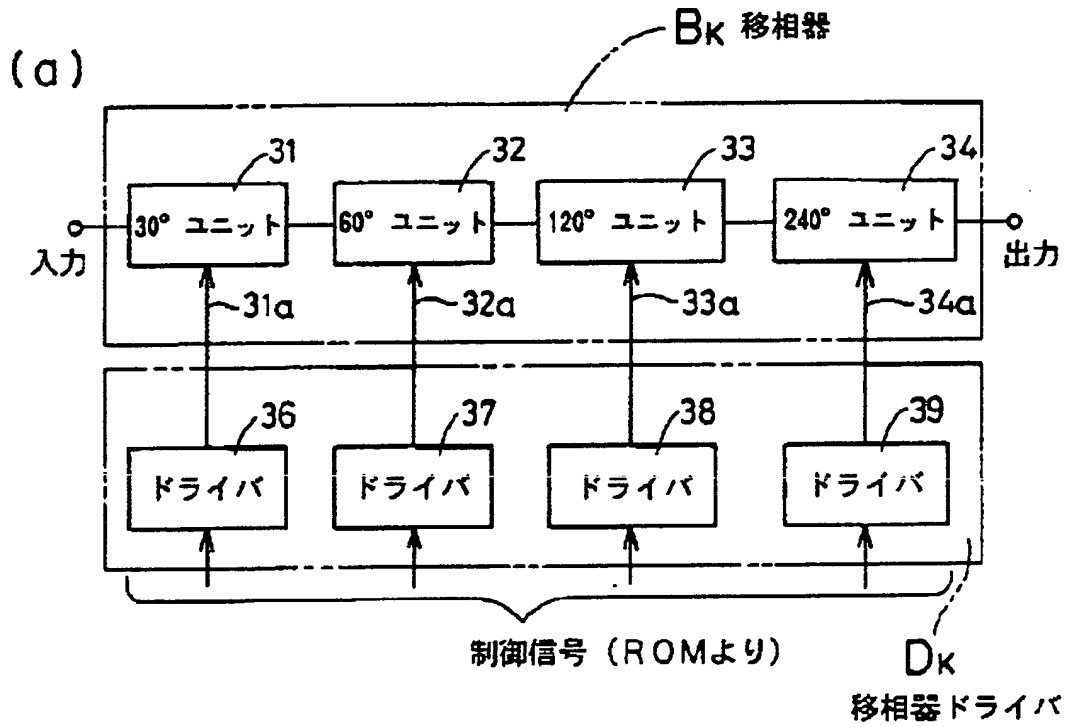
【図6】



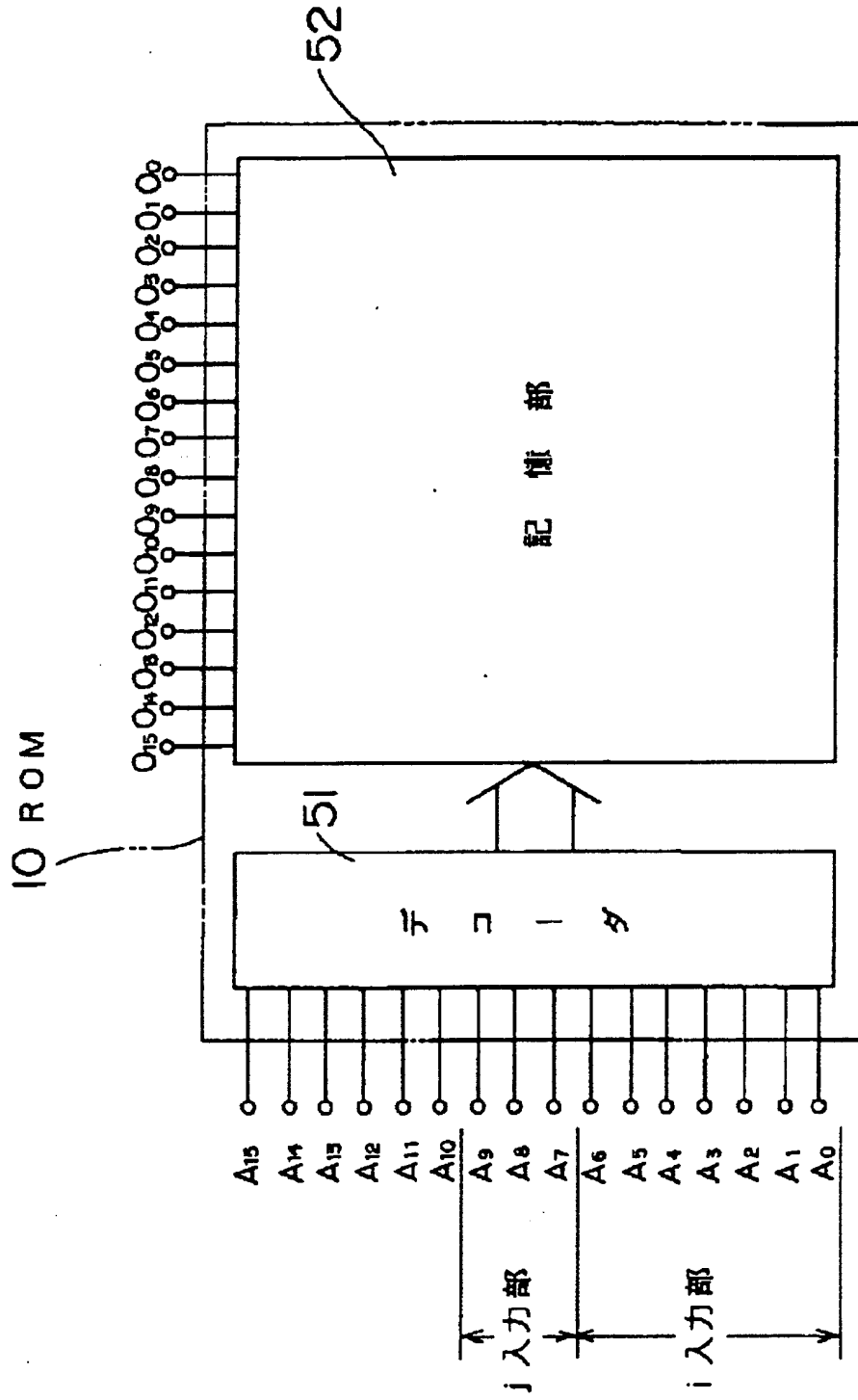
【図11】



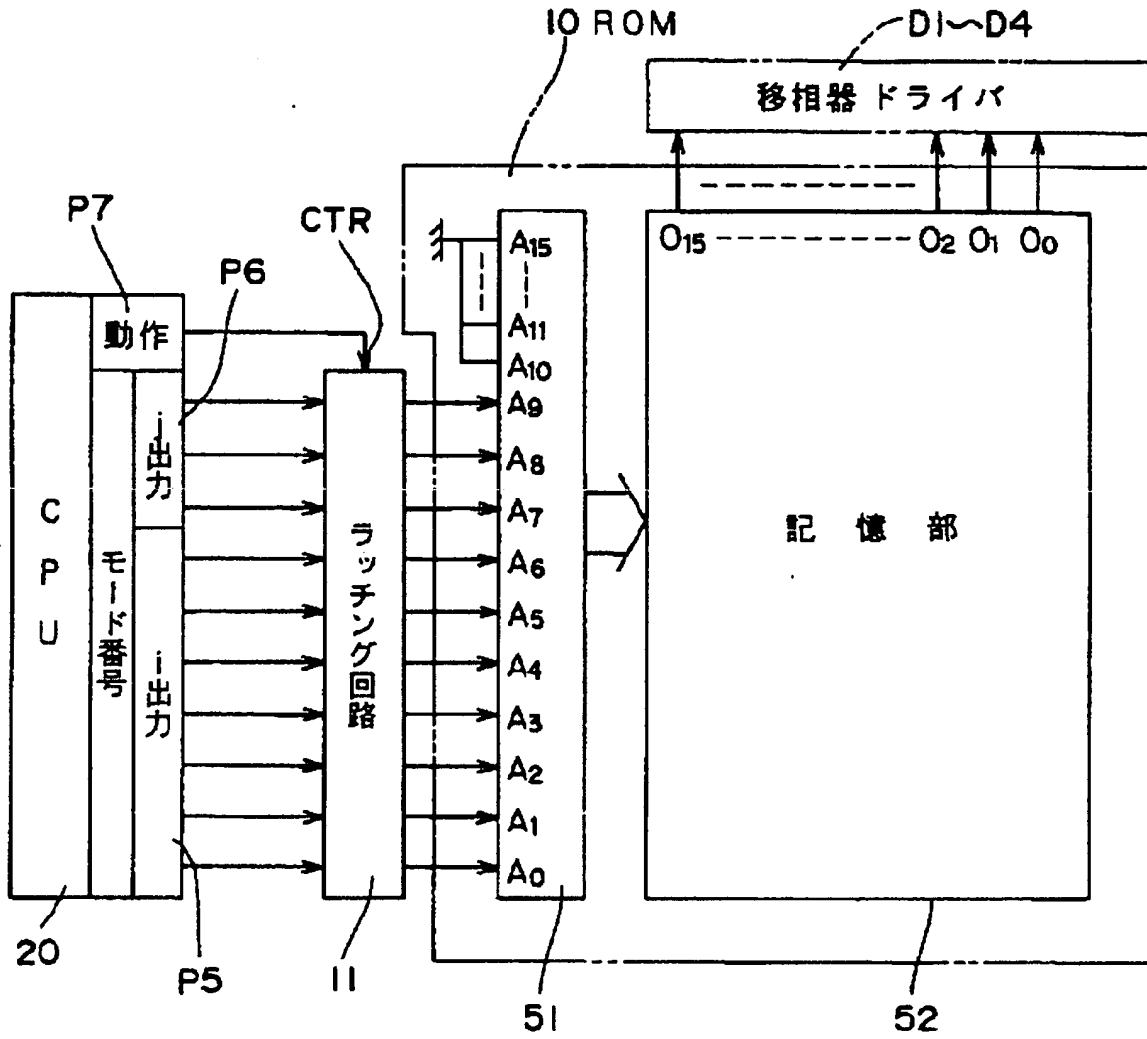
【図4】



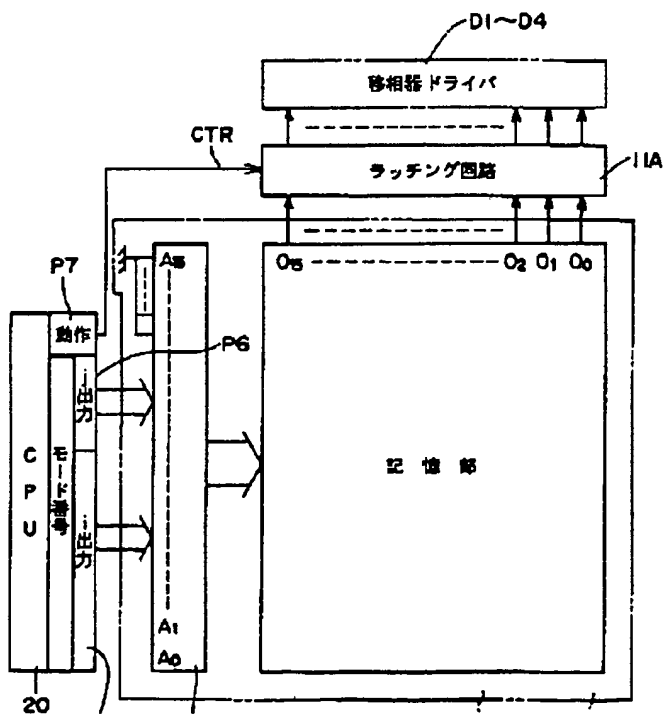
【図5】



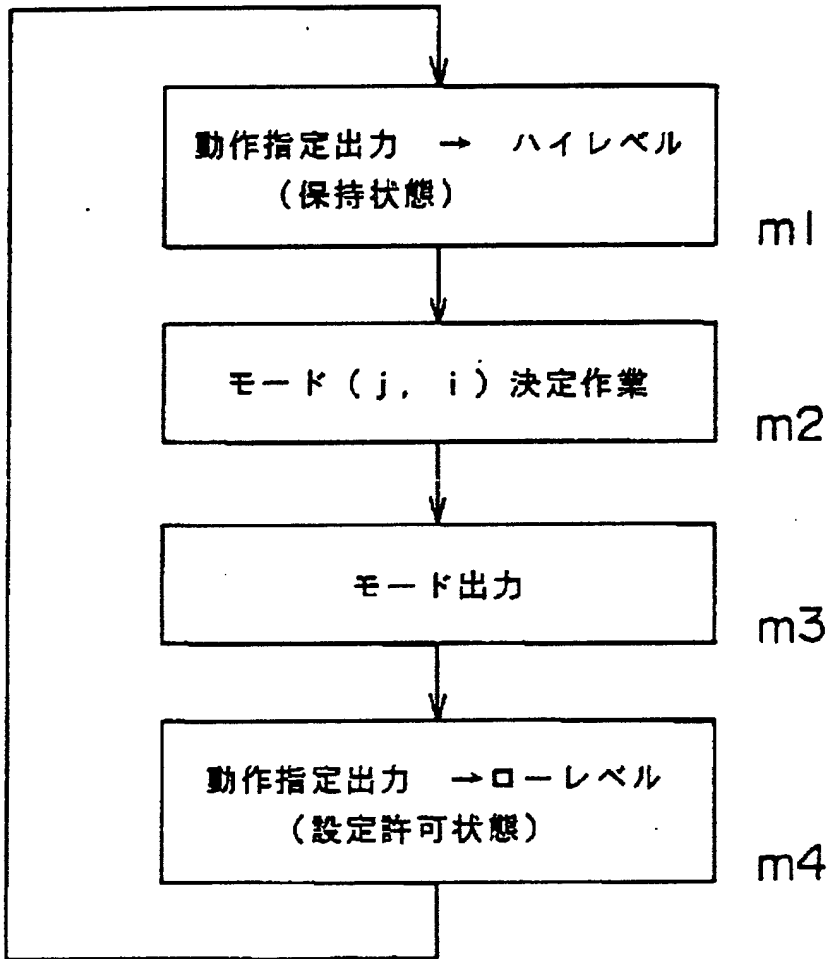
【図7】



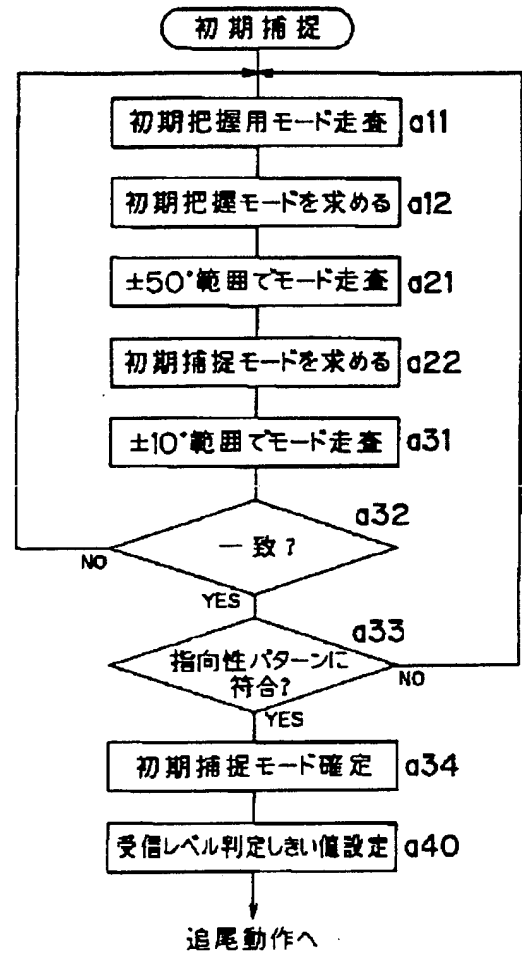
【図9】



【図8】



【図12】



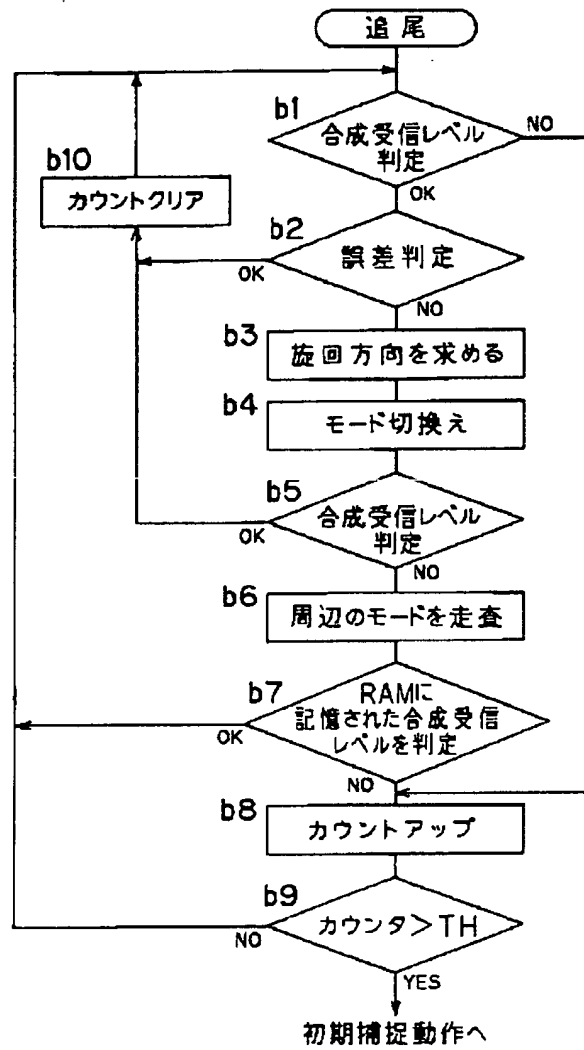
【図10】

	0度	+0.5度	+1.0度	+1.5度	+2.0度	+2.5度	+3.0度	+3.5度
0	CF	CD	C7	BD	AF	9E	8B	76
± 4	61	4C	39	27	0C	0C	04	00
± 8	01	05	0D	18	27	37	48	5A
± 12	6C	7D	8B	97	A0	A5	A7	A5
± 16	9F	97	8B	7E	6F	5F	4F	40
± 20	31	24	19	10	09	05	02	00
± 24	00	01	02	04	05	07	07	07
± 28	07	06	05	04	02	01	00	00
± 32	00	01	02	03	05	07	09	0A
± 36	0C	0C	0C	0C	0B	0A	08	06
± 40	04	03	01	01	00	00	01	01
± 44	03	04	06	07	08	0A	0A	0B
± 48	0B	0A	0A	09	07	08	05	03
± 52	02	01	01	00	00	00	00	00
± 56	01	01	01	02	02	02	02	02
± 60	02	02	02	02	01	01	01	01
± 64	01	00	00	00	00	00	00	00
± 68	00	00	00	00	00	00	00	00
± 72	00	00	00	00	00	00	00	00
± 76	00	00	00	00	00	00	00	00
± 80	00	00	00	00	00	00	00	00
± 84	00	00	00	00	00	00	00	00
± 88	00	00	00	00	00	00	01	01
± 92	01	01	01	01	01	01	01	01
± 96	01	01	01	01	01	01	01	01
±100	00	00	00	00	00	00	00	00
±104	00	00	00	00	00	00	00	00
±108	00	00	00	00	00	00	00	00
±112	00	00	00	01	01	01	01	01
±116	01	01	01	00	00	00	00	00
±120	00	00	00	01	01	02	03	03
±124	04	05	06	07	07	08	08	08
±128	08	08	07	07	06	05	04	04
±132	03	02	02	01	01	01	00	00
±136	00	00	00	00	00	00	00	00
±140	00	00	00	00	00	00	00	00
±144	00	00	00	00	00	00	00	00
±148	00	00	00	00	00	00	00	00
±152	00	00	00	00	00	00	00	00
±156	00	00	00	00	00	00	00	01
±160	01	01	02	02	02	02	03	03
±164	03	03	03	03	03	03	02	02
±168	02	01	01	01	01	00	00	00
±172	00	00	00	00	00	00	01	01
±176	01	01	01	01	01	02	02	02
±180	02							

【图 13】

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	修正值
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	
+ 0.0	CF	31	04	02	00	00	00	00	01	02	01	00	00	00	00	02	04	31	0
+ 0.5	CD	24	03	02	00	00	00	00	01	02	01	00	00	01	00	02	06	40	0.5
+ 1.0	C7	19	01	02	00	00	00	00	02	02	00	00	00	01	00	02	08	4F	1.0
+ 1.5	BD	10	01	02	00	00	01	00	02	02	00	00	00	01	00	02	0A	5F	1.5
+ 2.0	AF	09	00	01	00	00	01	00	02	01	00	00	00	01	00	02	0B	6F	2.0
+ 2.5	9E	05	00	01	00	00	02	00	02	01	00	00	00	01	00	02	0C	7E	2.5
+ 3.0	8B	02	01	01	00	00	03	00	03	01	00	00	01	01	00	01	0C	8B	3. -17
+ 3.5	76	00	01	01	00	00	03	00	03	01	00	00	01	01	00	01	0C	97	-16.5
+ 4.0	61	00	03	01	00	00	04	00	03	01	00	00	01	01	00	01	0C	9E	-16.0
+ 4.5	4C	01	04	00	00	00	05	00	03	01	00	00	01	01	00	00	0A	A5	-15.5
+ 5.0	39	02	06	00	00	00	06	00	03	01	00	00	01	01	00	00	09	A7	-15.0
+ 5.5	27	04	07	00	00	00	07	00	03	00	00	01	01	01	00	00	07	A5	-14.5
+ 6.0	0C	05	08	00	00	00	07	00	03	00	00	01	01	01	00	00	05	A0	-14.0
+ 6.5	0C	07	0A	00	00	00	08	00	03	00	00	01	01	01	00	00	03	97	-13.5
+ 7.0	04	07	0A	00	00	00	08	00	02	00	00	02	00	01	00	01	02	8B	-13.0
+ 7.5	00	07	0B	00	00	00	08	00	02	00	00	02	00	00	00	01	01	7D	-12.5
+ 8.0	01	07	0B	00	01	00	08	00	02	00	00	03	00	00	00	02	00	5C	-12.0
+ 8.5	05	06	0A	00	01	00	08	00	01	00	00	04	00	00	00	03	00	5A	-11.5
+ 9.0	0D	05	0A	00	01	00	07	00	01	00	00	04	00	00	00	05	00	48	-11.0
+ 9.5	18	04	09	00	01	00	07	00	01	00	00	05	00	00	00	06	01	37	-10.5
+ 10.0	27	02	07	00	01	00	06	00	01	01	00	06	00	00	00	07	02	27	-10.10
+ 10.5	37	01	08	00	01	01	05	00	00	01	00	07	00	00	00	09	04	18	10.5
+ 11.0	48	00	05	00	01	01	04	00	00	01	00	07	00	00	00	0A	05	0D	11.0
+ 11.5	5A	00	03	00	01	01	04	00	00	01	00	08	00	00	00	0A	06	05	11.5
+ 12.0	6C	00	02	00	01	01	03	00	00	02	00	08	00	00	00	0B	07	01	12.0
+ 12.5	7D	01	01	00	01	01	02	00	00	02	00	08	00	00	00	0B	07	00	12.5
+ 13.0	8B	02	01	00	01	01	02	00	00	02	00	08	00	00	00	0A	07	04	13.0
+ 13.5	97	03	00	00	01	01	01	00	00	03	00	08	00	00	00	0A	07	0C	13.5
+ 14.0	A0	05	00	00	01	01	01	00	00	03	00	07	00	00	00	08	05	0C	14.0
+ 14.5	A5	07	00	00	01	00	01	00	00	03	00	07	00	00	00	07	04	27	14.5
+ 15.0	A7	08	00	00	01	00	00	00	01	03	00	08	00	00	00	06	02	39	15.0
+ 15.5	A5	0A	00	00	01	00	00	00	01	03	00	05	00	00	00	04	01	4C	15.5
+ 16.0	9E	0C	01	00	01	00	00	00	01	03	00	04	00	00	01	03	00	61	16.0
+ 16.5	97	0C	01	00	01	00	00	00	01	03	00	03	00	00	01	01	00	76	16.5
+ 17.0	8B	0C	01	00	01	00	00	00	01	03	00	03	00	00	01	01	02	8B	17. -3
+ 17.5	7E	0C	02	00	01	00	00	00	01	02	00	02	00	00	01	00	05	9E	-2.5
+ 18.0	6F	0B	02	00	01	00	00	00	01	02	00	01	00	00	01	00	09	AF	-2.0
+ 18.5	5F	0A	02	00	01	00	00	00	02	02	00	01	00	00	02	01	10	BD	-1.5
+ 19.0	4F	08	02	00	01	00	00	00	02	02	00	00	00	00	02	01	19	C7	-1.0
+ 19.5	40	06	02	00	01	00	00	01	02	01	00	00	00	00	02	03	24	CD	-0.5

【図14】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.